

cited in the
specification

F02M 45/02

ANDO HIROMITSU

Priority number : 10 31211 Priority date : 13.02.1998 Priority country : JP

BEST AVAILABLE COPY

[Date of request for examination] 25.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3348659

[Date of registration] 13.09.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-294157

(43) 公開日 平成11年(1999)10月26日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	F I
F 0 1 N 7/10		F 0 1 N 7/10
3/20	Z A B	3/20 Z A B D
3/24		3/24 R
	Z A B	Z A B L
F 0 2 D 41/02	Z A B	F 0 2 D 41/02 Z A B

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願平10-272087	(71) 出願人	000006286 三菱自動車工業株式会社 東京都港区芝五丁目33番8号
(22) 出願日	平成10年(1998)9月25日	(72) 発明者	堂ヶ原 隆 東京都港区芝五丁目33番8号 三菱自動車工業株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平10-31211	(72) 発明者	山本 茂雄 東京都港区芝五丁目33番8号 三菱自動車工業株式会社内
(32) 優先日	平10(1998)2月13日	(72) 発明者	岩知道 均一 東京都港区芝五丁目33番8号 三菱自動車工業株式会社内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	弁理士 真田 有

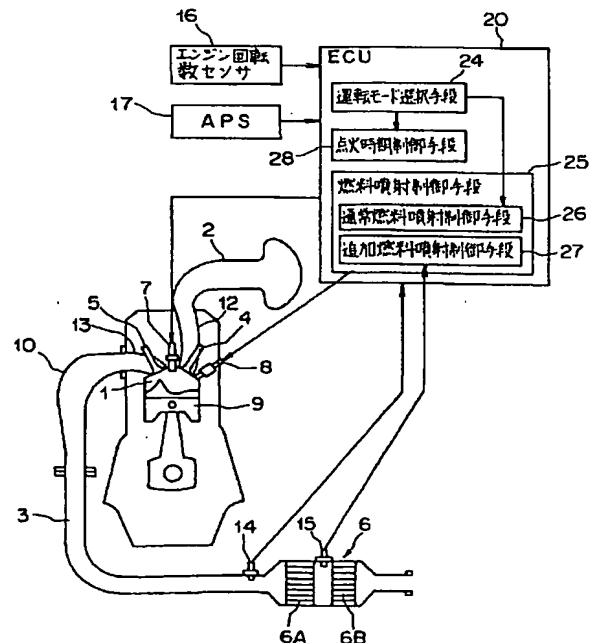
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 筒内噴射型内燃機関

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 筒内噴射型内燃機関に関し、冷態始動時における触媒の早期活性化を図りながら、触媒活性化前の未燃焼H Cの排出を確実に低減できるようにする。

【解決手段】 主噴射制御手段26により燃焼室1内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁8を駆動して、運転状態に応じて予混合燃焼又は層状燃焼を行なわせる。そして、排気通路内3に設けられ排ガスの浄化を行なう触媒6A、6Bの昇温が要求される場合には、追加燃料噴射制御手段27は、主噴射制御手段26による燃料噴射弁8駆動後の膨張行程中に燃料噴射弁8より追加燃料を噴射させ、触媒に供給される排ガスを昇温させる。また、排気マニホールド10には容積部が設けられており、排気はこの容積部にて滞留し、燃え残った追加燃料を再燃焼させる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 内燃機関の排気通路内に設けられ排ガスの浄化を行なう触媒と、

燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁と、
運転状態に応じて予混合燃焼又は層状燃焼を行なうよう
該燃料噴射弁の駆動を制御する主噴射制御手段と、
該触媒の昇温が要求される場合、該主噴射制御手段によ
る該燃料噴射弁駆動後の膨張行程中に該燃料噴射弁より
追加燃料を噴射させる追加燃料噴射制御手段と、
該燃焼室から排出された排ガスを滞留させる容積部を有
する排気マニホールドとをそなえたことを特徴とする、
筒内噴射型内燃機関。

【請求項 2】 該追加燃料噴射制御手段は、追加燃料を
膨張行程中期又はそれ以降で噴射させることを特徴とす
る、請求項 1 記載の筒内噴射型内燃機関。

【請求項 3】 該排気マニホールドの該容積部の全容積
が、該内燃機関の総排気量の略 0.5 ~ 1.0 倍の範囲
に設定されていることを特徴とする、請求項 1 記載の筒
内噴射型内燃機関。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、燃焼室内に直接燃
料を噴射する筒内噴射型内燃機関に関し、特に、冷態始
動直後における未燃 HC の排出の低減に用いて好適の、
筒内噴射型内燃機関に関する。

【0002】

【従来の技術】現在、燃焼室内に燃料を直接噴射する筒
内噴射型内燃機関が実用化されており、かかる筒内噴射
型内燃機関では、燃料噴射のタイミングを自由に設定す
ることができるため、低負荷運転域では圧縮行程で燃料
噴射を行なって、着火に十分な燃料濃度の混合気を点火
プラグ近傍に部分的に集めて、いわゆる層状燃焼による
超希薄燃焼を行ない、より一層の燃費向上を図ってい
る。

【0003】このような筒内噴射型内燃機関において
も、従来の内燃機関と同様、例えば、冷態始動時におい
ては、排気通路に設けられた触媒の早期活性化を図り大
気中に放出される未燃 HC 等の量を低減させたいという
要求がある。

【0004】そこで、特開平 8-100638 号公報に
開示された筒内噴射型内燃機関に関する技術では、膨張
行程初期から中期において主燃焼のための燃料噴射とは
別の追加の燃料噴射を行ない、この追加燃料噴射による
追加燃料を主燃焼の火炎伝播により着火させて排ガス温
度を上昇させ、触媒の暖機を促進して早期活性化を図っ
たものが提案されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述のよう
に主燃焼のための燃料噴射とは別の追加の燃料噴射を行
なった場合、追加噴射された追加燃料は燃焼室内から排

気ポート内にかけて燃焼する。このとき追加燃料の全て
が完全燃焼すれば排ガスに未燃 HC はほとんど含まれる
ことはない。

【0006】ところが、排ガスが燃焼室内から排気ポー
トへ排出される際の排気通路は、排気弁が開いた瞬間は
非常に狭い。また、排気弁が開いた瞬間に高圧の排ガス
が燃焼室内から排気ポートへ流れ出ようとするため、図
16 に示すように、排気弁開時初期（クランク角が 13
5° ~ 180° の時）の排ガスの流速は非常に大きくな
る（この排気弁開時初期の流速の大きな排ガスを、以
下、ブローダウンガスという）。このため、燃焼室内で
燃焼していた追加燃料は、排気弁が開いた直後の狭い排
気通路をブローダウンガスとともに高速で流れ出る際に
消炎してしまい、燃え残った追加燃料はブローダウンガ
スとともに未燃 HC として排出されてしまう。

【0007】燃焼室内から排気ポートへ流れ出た排ガス
は、さらに複数の排気ポートに接続された排気マニホー
ルドへ排出され、この排気マニホールドにおいて他気筒
から排出された排ガスと混合されて下流に配設された触
媒へと排出される。このとき、ある気筒から排出された
排ガスに未燃 HC が含まれていたとしても、他の気筒か
ら排出された排ガスが未だ燃焼していれば、この燃焼し
ている排ガスと混合することにより未燃 HC が再燃焼す
ることが期待できる。

【0008】しかしながら、従来の筒内噴射型内燃機関
における排気マニホールドは、図 17 に示すように、複
数のパイプ 55, 56, 57, 58 を連結したパイプ連
結型マニホールド（ここでは、4 気筒の場合を例示す
）50 であり、排ガスの干渉による出力の低下を防止
するため、燃焼が連続しない気筒同士がパイプにより接
続され、且つ、各パイプ 55, 56, 57, 58 は排ガ
スがスムーズに流れ出るように湾曲を極力小さくした構
造となっている。

【0009】このような排気マニホールド 50 では、各
排気ポート 51, 52, 53, 54 から排出された流速
の速いブローダウンガスは、他の排気ポートから排出さ
れたブローダウンガスと混合することなく下流へ排出さ
れることになる。また、各排気ポート 51, 52, 5
3, 54 から合流部 59 までの各パイプ 55, 56, 5
7, 58 の管長は比較的長くとられているため、燃焼し
ている状態で排気ポート 51, 52, 53, 54 から排
出された燃焼ガスも合流部 59 に達したときには冷却さ
れ、反応が起きる温度以下になっている可能性が極めて
高い。

【0010】このため、未燃 HC を含む排ガスが燃焼中
の排ガスと混合して再燃焼するということは期待できな
い。図 18 は、図 17 で示す排気マニホールド 50 をそ
なえた筒内噴射型内燃機関における、点火信号と燃料噴
射信号とそれに伴う燃焼室内の圧力変化と未燃 HC の濃
度変化とを示したものであり、未燃 HC の濃度変化を示

す曲線の内、実線は、排気ポート 5 1 の a 点における未燃 H C の濃度を示し、破線は、合流部 5 9 の b 点における未燃 H C の濃度を示したものである。

【0011】図 1 8 に示すように、例えば、排気ポート 5 1 において燃え残った未燃 H C は、排ガスの高温雰囲気中でわずかに酸化して減少するのみで、合流部 5 9 において他の排気ポート 5 2, 5 3, 5 4 から排出されたブローダウンガスと混合して再燃焼することなく、高濃度のまま排気マニホールド 5 0 から後流へ排出されてしまうのである。

【0012】ここで、図 1 9 は、冷態始動時の触媒中心温度と排気マニホールド出口における H C 濃度とを、パイプ連結型マニホールドをそなえた筒内噴射型内燃機関と従来の内燃機関〔図 1 9 では M P I (マルチポイントインジェクション) エンジンの場合を例示する〕とで比較したものである。図 1 9 に示すように、上述の先行技術のように筒内噴射型内燃機関において追加燃料噴射を行なった場合、触媒中心温度が上昇して触媒が活性化するまでの時間は、従来の M P I エンジンに比べて大きく短縮させることが可能であるが、触媒が活性化するまでは未燃 H C が大気中に放出されてしまうという事態には変わりがない。さらに、主燃焼時に発生する未燃 H C に加え、追加の燃料噴射に伴う未燃 H C も発生するので、触媒が活性化するまでの未燃 H C の発生量は、従来のエンジンよりも逆に増加してしまうという課題がある。

【0013】特に、上述の先行技術のように膨張行程初期から中期において追加の燃料噴射を行なった場合では、未燃 H C の発生量が多く、また、一部の追加燃料のエネルギーが筒内圧の上昇のために使われてしまい、この筒内圧の上昇により出力トルクに変動が生じるとともに、排ガス温度が大きく上昇せず触媒の活性化が進まないという課題もある。

【0014】本発明は、このような課題に鑑み創案されたもので、冷態始動時における触媒の早期活性化を図りながら、触媒活性化前の未燃焼 H C の排出を確実に低減できるようにした、筒内噴射型内燃機関を提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】このため、請求項 1 記載の本発明の筒内噴射型内燃機関では、主噴射制御手段により燃焼室内に直接燃料を噴射する燃料噴射弁を駆動して、運転状態に応じて予混合燃焼又は層状燃焼を行なわせる。そして、排気通路内に設けられ排ガスの浄化を行なう触媒の昇温が要求される場合には、追加燃料噴射制御手段は、主噴射制御手段による燃料噴射弁駆動後の膨張行程中に燃料噴射弁より追加燃料を噴射させ、触媒に供給される排ガスを昇温させる。また、排気マニホールドには容積部がそなえられており、排ガスはこの容積部にて滞留し、燃え残った追加燃料を再燃焼させる。

【0016】請求項 1 の実施態様として、容積部の容積

は、追加燃料噴射の実行中に未燃 H C を再燃焼でき、しかも、追加燃料噴射の終了後に排気ガス温度低下を抑えられるように設定することが好ましい。この実施態様によれば、追加燃料噴射の実行中に容積部に滞留する未燃 H C と燃焼ガスとを混合させて効率よく未燃 H C を再燃焼させて未燃 H C の排出を低減できると共に、追加燃料噴射の終了後に排気ガス温度低下に伴う触媒の温度低下を最小限に抑えることができるため、例えば冷態始動時及び通常運転域に亘って未燃 H C の排出を最小とすることができる。

【0017】また、請求項 2 記載の本発明の筒内噴射型内燃機関では、請求項 1 記載の筒内噴射型内燃機関において、追加燃料噴射制御手段は、追加燃料を膨張行程中期又はそれ以降で噴射させる。請求項 3 記載の本発明の筒内噴射型内燃機関では、請求項 1 記載の筒内噴射型内燃機関において、排気マニホールドの容積部の全容積を内燃機関の排気量の略 0. 5 ~ 1. 0 倍の範囲に設定する。

【0018】請求項 3 の実施態様として、内燃機関が複数気筒群に分割された複数の気筒を含み、各気筒群毎の排気マニホールドの容積部の容積が、それぞれ各気筒群毎の排気量の略 0. 5 ~ 1. 0 倍の範囲に、特に略 0. 6 ~ 0. 9 倍の範囲に設定されることが好ましい。この実施態様によれば、効率よく未燃 H C を再燃焼させて未燃 H C の排出を低減できる。

【0019】これにより、排ガスはさらに昇温するとともに、追加燃料の燃え残りによる H C の排出が抑制される。

【0020】

【発明の実施形態】以下、図面により、本発明の実施の形態について説明する。まず、本発明の第 1 実施形態にかかる筒内噴射型内燃機関の構成の概要について図 1 ~ 図 1 1 を参照して説明すると、本筒内噴射型内燃機関は、図 2 に示すように、吸気、圧縮、膨張、排気の各行程を一作動サイクル中にそなえる内燃機関、即ち 4 サイクルエンジンであって、火花点火式で、且つ、燃焼室内に燃料を直接噴射する筒内噴射型内燃機関として構成される。

【0021】燃焼室 1 には、吸気通路 2 および排気通路 3 が連通するように接続されており、吸気通路 2 と燃焼室 1 とは吸気弁 4 によって連通制御されるとともに、排気通路 3 と燃焼室 1 とは排気弁 5 によって連通制御されるようになっている。また、吸気通路 2 の上流には、図示しないエアクリーナおよびスロットル弁が設けられており吸気ポート 1 2 は燃焼室 1 に対して比較的直立して接続されている。排気通路 3 には、各気筒の燃焼室 1 から排出された排ガスを一つに集合させる排気マニホールド 1 0 が排気ポート 1 3 に連接されており、排気マニホールド 1 0 の下流側には排気浄化装置 6 および図示しないマフラ (消音器) が設けられており、排気浄化装置

6の上流側には、排ガス中の酸素濃度を検出する酸素濃度センサ14が設けられ、排気浄化装置6内には、排気浄化装置6内の温度を検出する触媒温度センサ15が設けられている。また、インジェクタ（燃料噴射弁）8は、その開口を燃焼室1に臨ませるように配置されている。

【0022】このような構成により、図示しないスロットル弁の開度に応じて吸入された空気は、吸気弁4の開放により吸気ポート12から燃焼室1内に吸入され、電子制御ユニット（ECU）20からの信号に基づいてインジェクタ8から直接噴射された燃料と混合される。そして、点火プラグ7の適宜のタイミングでの点火により燃焼せしめられて、エンジントルクを発生させたのち、排気弁5の開放により燃焼室1内から排出ガスとして排気通路3へ排出され、排気浄化装置6で排出ガス中のCO、HC、NO_xの3つの有害成分を浄化されてから、マフラーで消音されて大気側へ脱離されるようになっている。

【0023】この排気浄化装置6は、NO_x触媒6Aと三元触媒6Bとを組み合わせたものになっている。つまり、空燃比がリーンの場合は、排ガス中にはCO、HCはほとんど含まれない一方でNO_x濃度は急増するが、このNO_xを、酸素過剰雰囲気中で機能するNO_x触媒6Aにより吸着し、還元雰囲気（空燃比が理論空燃比又はリッチな空燃比）で吸着したNO_xを還元放出するようにしており、理論空燃比下では三元触媒6Bの三元機能により排出ガス中のCO、HC、NO_xを浄化するようにしているのである。このようにNO_x触媒6AがNO_x吸蔵型の触媒の場合、その上流に更に三元触媒を配置してもよい。なお、NO_x触媒6Aは吸蔵型NO_x触媒ではなく酸素過剰雰囲気において選択的にNO_xを還元浄化する選択還元型NO_x触媒を利用してもよい。

【0024】また、本筒内噴射型内燃機関では、燃料噴射の態様として、層状燃焼によるリーン運転を実現し燃費を向上させるために圧縮行程中（特に、圧縮行程後半）で燃料噴射を行なう後期噴射モードと、予混合燃焼によるリーン運転を実現し、緩加速による出力を得るために吸気行程中（特に吸気行程前半）に燃料噴射を行なう前期噴射モードと、予混合燃焼によるストイキオ運転（理論空燃比運転）を実現し、前期噴射モードより出力を向上させるために吸気行程中に燃料噴射を行なうストイキオモードとが設けられており、運転状態に応じて選択されるようになっている。

【0025】本筒内噴射型内燃機関のECU20には、図2に示すように、運転モード選択手段24と燃料噴射制御手段25と点火時期制御手段28が設けられている。運転モード選択手段24では、エンジン回転数Ne及びエンジン負荷（ここでは、平均有効圧力Peとするが、アクセル開度等も可）に応じて上述のような各運転モードの中から一つを選択するようになっている。

【0026】また、燃料噴射制御手段25には、エンジン出力を得るための通常の燃焼を行なうべく燃料を噴射する通常燃料噴射制御手段（主噴射制御手段）26と、触媒6A、6Bを活性化させるために、膨張行程中に追加燃料を噴射するための追加燃料噴射制御手段27とがそなえられている。通常燃料噴射制御手段26は、運転モード選択手段24で設定された運転モードに応じた燃料噴射制御マップを選択して、この選択した燃料噴射制御マップを用いて、エンジン回転数Ne及び平均有効圧力Peに応じて、通常の燃焼を行なうための燃料噴射量及び噴射時期（即ち、燃料噴射終了時期及び燃料噴射開始時期）を設定する。

【0027】なお、エンジン回転数Neにはエンジン回転数センサ16の検出情報（又は、演算情報）が用いられ、平均有効圧力Peはエンジン回転数Ne及びアクセルポジションセンサ（APS）17で検出されたアクセル開度θの各情報から算出したものが用いられるようになっている。追加燃料噴射制御手段27は、不活状態にある触媒6A、6Bを活性化させるために排ガスを昇温させる目的で行なう追加の燃料噴射を制御するものであり、触媒温度センサ15からの検出情報に基づいて、触媒6A、6Bが活性状態にあるか否かを判定し、触媒6A、6Bが活性状態にない場合に、追加燃料噴射を行ない膨張行程中の低温酸化反応（この後に、詳述する）により着火させるようになっている。

【0028】つまり、触媒温度センサ15により検出された触媒6A、6B若しくはその近傍の温度（以下、触媒温度という）Tcが所定温度Tc。以下であると検出される場合に、触媒6A、6Bが活性状態にないと判定し、この判定に基づき、各気筒の膨張行程内に追加燃料噴射を行なうように制御するものである。本筒内噴射型内燃機関では、HCの発生量やエンジンの出力トルクへの影響を考慮して各気筒の膨張行程中期近傍（クランク角90°±30°）で噴射を終了する追加燃料噴射（膨張行程噴射）を行なうようにしている。なお、所定温度Tc。は触媒6A、6Bの活性化温度（触媒の活性化領域の下限値）と対応させてもよい（即ち、所定温度Tc。＝活性化温度）が、制御遅れを考慮すると所定温度Tc。＝活性化温度+αと、所定温度Tc。を活性化温度よりも適当温度αだけ高く設定することが望ましい。なお、触媒温度センサ15を用いず、機関の冷却水温と始動後のタイマに基づいて追加燃料の噴射を行なうようにしてもよい。

【0029】また、点火時期制御手段28は、通常燃料噴射制御手段26の燃料噴射制御に対応して点火プラグ7の点火時期を制御するものであり、運転モード選択手段24で設定された運転モードに応じた点火時期制御マップを選択して、この選択した点火時期制御マップを用いて、エンジン回転数Ne及び平均有効圧力Peに応じて、通常燃料噴射制御手段26の燃料噴射制御に対応し

た点火時期を設定するようになっている。

【0030】ここで、本筒内噴射型内燃機関における上記の主噴射から膨張行程噴射にかけての一連の燃料制御について、図3を用いて説明する。運転モード選択手段24は、冷態始動時においてエンジンが低負荷・低回転であれば、後期噴射モード、即ち、層状燃焼によるリーン運転を実現し燃費を向上させるための燃料噴射モードを選択するようになっている。このため、圧縮行程の後半に通常燃料噴射制御手段26からインジェクタ8に燃料噴射信号が入力される。インジェクタ8は、燃料噴射信号が入力されている間、燃焼室1内に燃料を噴射するが、この燃料噴射が主燃焼のための燃料噴射、即ち、主噴射である。

【0031】この間、燃焼室内1の混合気はクランク軸の回転にともなうピストン9の上昇により圧縮され続けており、燃焼室内1の温度（筒内温度）、圧力（筒内圧力）はピストン9による燃焼室1内の混合気の圧縮比に応じて上昇を続けている。そして、インジェクタ8からの燃料噴射が終了した圧縮行程末期において、点火時期制御手段28から点火プラグ7へ点火信号が入力され、点火プラグ7は点火信号をうけて、燃焼室1内の混合気への点火を行なう。

【0032】このとき、インジェクタ8から直接噴射された燃料は、吸気ポート12から吸入された流入空気による縦渦流（逆タンブル流）により、燃焼室1の頂部中央に配設された点火プラグ7の近傍のみ集められるようになっている。このため、点火プラグ7の近傍のみが理論空燃比又はリッチな空燃比となっており、逆に点火プラグ7から隔離した部分では極めてリーンな空燃比状態となっている。これにより、燃焼室1内全体の空燃比は理論空燃比に比べて十分リーンな空燃比でありながら、点火プラグ7により点火された燃焼室1内の混合気は安定した層状燃焼（層状超リーン燃焼）を行なうことができる。

【0033】混合気の燃焼により、燃焼室1内の温度、圧力は急激に上昇し、ピストン9の位置が上死点をわずかに過ぎた所とともに最大となり、温度は1000Kを大きくこえる。また、この燃焼に伴う燃焼室1内の圧力の上昇はエンジントルクとしてクランク軸より出力される。一方、ピストン9が上死点を越えると、圧縮行程から膨張行程へと遷移するが、この膨張行程における圧縮比の減少にともない、燃焼室1内の温度、圧力も下降していき膨張行程中期近くでは、燃焼室1内の温度は1000Kを大きく下回ってしまう。

【0034】触媒6A、6Bを早期に活性化させるには、触媒6A、6Bの中心温度を活性化温度（約570K）まで上昇させる必要がある。したがって、触媒6A、6Bへ供給する排ガスの温度は、少なくともこの活性化温度以上は必要である。ところが、主燃焼により燃焼室1内の温度、即ち、燃焼ガスが1000K以上の高

温に達したとしても、その後の膨張行程により燃焼ガスの温度は体積の膨張にともないどんどん低下していくので、このままでは、活性化温度以上の高温の排ガスを触媒6A、6Bに供給することはできない。さらに、本筒内噴射型内燃機関のように層状超リーン燃焼を行なう場合には、混合気中の燃料は高効率で燃焼するので、膨張行程中に燃え残りの燃料が燃焼して燃焼ガスが高温（活性化温度以上）に維持されるということは期待できない。

10 【0035】そこで、本筒内噴射型内燃機関では、触媒温度センサ15が検出した触媒温度 T_c が所定温度 T_c よりも低い場合は、膨張行程中期（クランク角が90°）付近又はやや過ぎた所で、追加燃料噴射制御手段27よりインジェクタ8へ追加燃料噴射信号を入力するようになっている。この追加燃料噴射信号は先の主噴射のための燃料噴射信号よりも長めに設定されており、この間、インジェクタ8は燃焼室1内へ追加燃料を直接噴射を行なう。この追加燃料の噴射が再燃焼のための燃料噴射、即ち、膨張行程噴射である。

20 【0036】インジェクタ8から燃焼室1内へ直接噴射された追加燃料は、点火プラグ7を再点火することなく高温雰囲気により着火する。着火した追加燃料は、膨張行程後半から排気行程にかけて主燃焼に比べて比較的低温で燃焼し、燃焼室1内の温度を1000Kを上回った程度まで上昇させる。このとき、追加燃料の燃焼により発生したエネルギーは燃焼室1内の圧力の上昇に変換されることなく、専ら燃焼室1内の温度上昇に用いられる。したがって、この追加燃料によりエンジントルクが変動することはない。

30 【0037】上述のように、膨張行程の中期以降に噴射された追加燃料が、高温雰囲気中で主燃焼により燃焼し得ず燃焼に移行し易い状態まで反応が進行したリーン混合気と混合されることで燃焼室内の特定位置の混合気が自己着火を開始する。このような追加燃料の膨張行程の中期以降の噴射により、膨張行程後半から排気行程にかけて主燃焼に比べて比較的低温で燃焼する減少を低温酸化反応と称する。

【0038】そして、膨張行程が末期になったところで排気弁5が開き、燃焼室1内から排気通路3へ1000K以上の高温の燃焼ガスが排出される。追加燃料噴射制御手段27は、触媒温度センサ15で検出される触媒6A、6Bの温度（触媒温度） T_c が、所定温度 T_c を上回るまで、膨張行程噴射による排ガスの昇温を行なうようになっている。

45 【0039】ところで、前述したように、燃焼ガスが燃焼室1内から排気ポート13へ排出される際の排気通路3は、排気弁5が開いた瞬間は非常に狭く、また、排気弁開時初期の燃焼ガスの流速は非常に大きい。このため、冷態始動時のように雰囲気温度が低い場合に、燃焼室1内で燃焼して高温となった燃焼ガスの一部は、排気

弁 5 が開いた直後の狭い排気通路をブローダウンガスとともに高速で流れ出る際に消炎してしまい、その結果、燃え残った追加燃料はブローダウンガスとともに未燃 HC として排出されてしまう。

【0040】そこで、本筒内噴射型内燃機関における排気マニホールド 10 は、例えば図 4 に示すような構成により、未燃 HC の再燃焼を図っている。ただし、ここでは本筒内噴射型内燃機関は直列 4 気筒エンジンであるものとする。図 4 に示すように、各気筒の排気ポート 13 と接続する各接続部（マニホールド入口）10a からは互いに独立した分岐部分 10B が延びており、やがて 1 つに合流して一定の径の集合部分 10C となり、マニホールド出口 10c において下流側の排気通路に接続されるようになっている。そして、合流部分、即ち、各分岐部分 10B が合流を開始する合流開始部 10b から合流を完了し集合部分 10C となる合流完了部 10d までの間の部分に容積部 10A が設けられている。つまり、排気マニホールド 10 は、従来の排気マニホールド（図 16 に示すパイプ連結型マニホールド）における各気筒の排気ポートと末端の合流部とを結ぶ各パイプを一体化してクラムシェル型に形成したものである。

【0041】容積部 10A は、図 1 (a), (b) に示すように、排気ポート 13 から流入した排ガスが容積部 10A の内壁面に略垂直に衝突するような内部形状となっており、排ガスはこの衝突や他の気筒との排気干渉、排気脈動によって生じる差圧等により様々な流れを形成したり、旋回流を形成したりするようになっている。また、容積部 10A は、従来の排気マニホールドのパイプに比べて極めて大きな内部容積を有しており、これにより、容積部 10A 内に流入した排ガスは、そのままマニホールド出口 10c へ吹き抜けてしまうことなく容積部 10A 内に滞留するようになっている。

【0042】なお、図 1 (a), (b) に示す矢印は流入した容積部 10A 内に排ガスの流れを模式的に示したものであり、ここでは、例えば第 2 気筒目（図 1 (b) 中左から 2 番目）の排気ポート 13 から排ガスが流入してきた場合を示している。上述のような容積部 10A の形状により、ブローダウンガスは流速が大きいために容積部 10A を拭き抜け易いが、ブローダウンガスとともに排出される未燃 HC は、上述のようにブローダウンガスが排気干渉や排気脈動による差圧等で流速を失い、容積部 10A 内に滞留するようになっている。容積部 10A 内に滞留している未燃 HC は、容積部 10A 内に流入する同一気筒、または合流部 10b で合流した他気筒からの排ガスと混合する。このとき、図 3 に示すように、消炎していない排ガスの温度は 1000 K を越えており、膨張行程噴射時の追加燃料の一部がまだ燃焼を続けている状態であるので、このような燃焼している排ガスと混合することにより、容積部 10A 内に滞留している未燃 HC は着火して燃焼を始めるのである。

【0043】なお、燃焼しながら排気マニホールド 10 に流入する排ガスも同様に容積部 10A 内に滞留することになるが、容積部 10A 内で未燃 HC を再燃焼させることにより燃焼反応が継続するので、酸化能力（燃焼性）は維持され、触媒 6A, 6B を活性化状態にするための燃焼熱を有効利用できるようになっている。このように、未燃 HC を燃焼している排ガスと混合させて再燃焼させることにより、排気マニホールド 10 より排出される未燃 HC の量は、図 5 に示すように低減されることになる。

【0044】図 5 において、クランク角は第 1 気筒におけるクランク角に対応しており、実線は、下よりそれぞれ、第 1 気筒（図 4 (b) 中左側の気筒）における点火信号と燃料噴射信号と、それに伴う燃焼室 1 内の圧力変化と、排気ポート 13 の a 点（図 4 参照）における未燃 HC の濃度を示している。また、破線は、マニホールド出口 10c の b 点（図 4 参照）における未燃 HC の濃度を示しており、4 つの山部は 4 気筒それぞれから排出される未燃 HC の濃度に対応している。この 4 つの山部の内、クランク角が 270° 付近の山部が第 1 気筒から排出された未燃 HC の濃度に対応している。

【0045】つまり、図 5 に示すように、排気ポート 13 から排気マニホールド 10 内に流入した排ガス中の未燃 HC は、容積部 10A 内で再燃焼し、マニホールド出口 10c から排出される時には、流入時よりも大幅にその濃度を低下する（図 5 中の矢印参照）ようになっているのである。図 6 は、冷態始動時の触媒中心温度と排気マニホールド出口における HC 濃度とを、排気マニホールド（容積型マニホールド）10 をそなえた本筒内噴射型内燃機関と図 16 に示すパイプ連結型マニホールドをそなえた従来の筒内噴射型内燃機関とで比較したものである。なお、比較に際しては、両内燃機関は同エンジン回転数のアイドル状態で運転しているものとしている。

【0046】図 6 に示すように、本筒内噴射型内燃機関では、未燃 HC の排出濃度は、当初こそパイプ連結型マニホールドをそなえた従来の筒内噴射型内燃機関と同程度であるが、その後急速に低下していき、始動後 10 秒を過ぎた頃にはほとんど 0 の状態となるようになっている。これは、図 18 に示した従来の MP I エンジンと比較しても遙に低い濃度である。

【0047】このように、従来の筒内噴射型内燃機関に比べて未燃 HC の濃度が低減されるのは、未燃 HC を含む排ガスが排気マニホールド 10 を通過する際、温度が高い状態のまま、その容積部 10A にて他の気筒から排出された排ガスと混合し再燃焼するようになっているからである。さらに、未燃 HC の発生濃度をほとんど 0 とすることができるのは、容積部 10A 内が燃焼状態となるところに新たに未燃 HC が流入すると、火炎伝播により新たに流入した未燃 HC も再燃焼し、このよう

に、連鎖的に未燃HCが燃焼することで容積部10A内は常に燃焼状態に保たれるため、効率よく未燃HCを再燃焼させるようになっているからである。

【0048】また、この結果、触媒6A、6Bに供給される排ガスは、膨張行程中期で行なった追加燃料噴射による温度上昇に加え、容積部10A内での未燃HCの再燃焼によりさらに温度が上昇するようになっている。これにより、触媒6A、6Bの排ガスによる暖機が加速され、従来の筒内噴射型内燃機関の数倍の速さで触媒6A、6Bの中心温度が上昇するようになっている。

【0049】ところで、上述のように排気マニホールド10に容積部10Aを設けた場合、容積部10Aの分だけ排気マニホールド10は大型化し、熱容量が大きくなるとともに表面積も拡大する。このため、排ガスの有する熱は排気マニホールド10を介して大気中に放熱されやすくなる。つまり、容積部10Aを設けることは、容積部10A内での未燃HCの再燃焼により排ガス温度を上昇させる効果を持つと同時に、表面積の拡大に伴う放熱量の増大という逆の効果も有しているのである。

【0050】触媒6A、6Bが活性化するまでの間は、通常の燃料噴射に加えて追加の燃料が噴射されるため、この追加燃料の燃焼と容積部10A内での未燃HCの再燃焼とによる排ガスの昇温の効果が大きく、容積部10Aからの放熱が排ガス温度に与える影響は相対的に小さくなる。逆に、容積部10Aがある程度の大きさでなければ、排気を滞留させ反応が十分行なわれるに足る時間がとれないため、効率よく未燃HCを再燃焼させることができなくなる。

【0051】ところが、触媒6A、6Bが活性化して追加の燃料噴射が終了し、通常の燃料噴射制御のみとなった場合、容積部10Aからの放熱が排ガス温度に与える影響が大きくなり、排ガス温度は放熱に伴ない低下してしまう。この放熱に伴ない排ガス温度の低下は、当然ながら容積部10Aの容積を大きく設定するほど顕著になる。

【0052】排ガス温度が低下すると、それに伴い触媒6A、6Bの触媒温度も低下する。特に、本筒内噴射型内燃機関のように層状超リーン燃焼を行なう場合には、混合気中の燃料は高効率で燃焼し熱効率が向上するため、排出ガスへの熱損失が低下し、排ガス温度は従来のエンジンに比べると低下する。このため、容積部10Aからの放熱に伴ない排ガス温度の低下が大きい場合、触媒温度が活性化温度以下となって触媒6A、6Bの浄化効率が低下してしまう虞がある。

【0053】したがって、容積部10Aの容積は、冷態始動時において容積部10A内部に滞留する未燃HCと燃焼ガスとを混合させ、効率よく未燃HCを再燃焼させて未燃HCの排出を低減できるようにするとともに、追加燃料噴射の終了後の排ガス温度の低下に伴ない触媒6A、6Bの浄化効率の低下を最小限に抑えることができ

るように設定する必要がある。逆に言えば、そのように容積部10Aの容積を設定することにより、冷態始動時から通常運転時にかけての全体としての未燃HCの排出を最小にすることができるようになる。

05 【0054】ここで、図7～図9は、未燃HCの排出量に対する容積部10Aの容積設定の影響について示すものであり、容積部10Aの容積をエンジン排気量に対する比(α = 容積部容積/エンジン排気量)として表した場合、図7及び図8中のA線は $\alpha = 1.3$ 、B線は $\alpha = 1.0$ 、C線は $\alpha = 0.8$ 、D線は $\alpha = 0.6$ 、E線は $\alpha = 0.4$ の場合を示している。なお、容積部10Aの容積としては、図10(a)～(c)に示すように、排気マニホールド10における合流部分、即ち、排気マニホールド10において上流側の各気筒毎に分岐した分岐部分10Bと下流側の通路が最も絞られた集合部分10Cを除いた部分〔図10(a)～(c)中にスマッシングを施した部分〕の容積を指している。

15 【0055】まず、図7は、冷態始動時における触媒温度(触媒中心温度)と排気マニホールド出口における未燃HCの積算値とをエンジン回転数と対応させて時間経過に伴う変化を示したものである。図7に示すように、触媒温度は、比 α が大きい程、即ち、容積部10Aの容積が大きい程、容積部10Aの大型化に伴ない表面積の拡大により、排ガスの容積部10Aからの放熱が促進され、排ガス温度が低下してしまう。

20 【0056】このため、A線($\alpha = 1.3$)とB線($\alpha = 1.0$)とを比較して分かるように、容積部10AがB線を越えるようなある程度の容積以上となると、表面積の拡大に伴ない排ガス温度の低下の影響が大きくなり、触媒温度の昇温が遅くなるため、 α は1.0と同等もしくは1.0より小さいほうが好ましい。一方、排気マニホールド出口における未燃HCの積算値は、容積部10Aの容積がある程度以上確保されている方が低下する傾向になっている。これは、容積部10A内に滞留する未燃HCと燃焼ガスとを上手く混合させ反応させるには、容積部10Aにはある程度の容積が必要なためであり、容積不足の場合には混合による未燃HCの再燃焼が促進されず、未燃HCがそのまま排出されてしまうことになるためである。

30 【0057】ただし、A線($\alpha = 1.3$)とB線($\alpha = 0.8$)とを比較して分かるように、容積部10Aがある程度の容積以上となると、容積部10A内に無駄な空間が生じることになり、却って滞留する未燃HCと燃焼ガスとの混合の効率が低下し、また、表面積の拡大に伴ない排ガス温度の低下の影響が大きくなり、逆に未燃HCの排出量は増加することになる。

40 【0058】次に、図8は、図7の冷態始動時から車速を所定のモードで変化させながら運転した場合のテールパイプ出口における未燃HCの積算排出量を比較したものである。図8に示すように、テールパイプ出口にお

る未燃HCの積算排出量は、C線 ($\alpha = 0.8$)、D線 ($\alpha = 0.6$) が低い値を示している。これは、図7に示したように、C線の場合、冷態始動時において発生する未燃HCが、容積部10A内での再燃焼により低減されるためであり、D線の場合は、容積部での反応がC線より少ないものの容積部からの放熱量が少なく温態時の触媒温度を高く保てるためである。

【0059】ところが、A線 ($\alpha = 1.3$) とE線 ($\alpha = 0.4$) とは未燃HCの積算排出量が高い値を示している。これは、A線の場合、図7に示したように、容積部10Aの容積がある程度以上となると、触媒の昇温が遅く触媒6A、6Bの浄化効率が早期に向上しないためである。また、E線の場合、容積部10Aの容積が小さいので、触媒昇温効果は容積が大きい場合に比して高いが、容積が小さいため容積部10A内に滞留する未燃HCと燃焼ガスとの混合が十分でなく未燃HCの再燃焼の効率が悪化し、エキマニ出口の未燃HC排出量が増大してしまうからである。

【0060】この容積部10Aの容積の大きさと冷態始動時から所定走行モードに至るまでの全体の未燃HCの排出量の関係を示したものが図9であり、図9には、容積部10Aの容積の大きさ [α ($\alpha = \text{容積部容積} / \text{エンジン排気量}$) の大きさ] とある運転時間後におけるテールパイプ出口における未燃HCの積算排出量との関係を示している。

【0061】図9に示すように、 α の値が0.5より小さくなったり、1.0より大きくなったりすると急激にテールパイプ積算HCが増大するため、未燃HCの積算排出量を十分に低い値に抑制するには、容積部10Aの容積をエンジン排気量の0.5~1.0倍 ($\alpha = 0.5 \sim 1.0$) に設定することが適当であることが分かる。そこで、本筒内噴射型内燃機関では、容積部10Aの容積をエンジン排気量に対して0.5~1.0倍に設定するようになっている。さらに未燃HCの排出抑制を厳しく行なうには、例えば、比 α の値を0.6~0.9又は0.7~0.8程度の範囲で設定することが望ましい。ただし、この比 α の設定範囲は、一つの基準とはなるが必ずしも厳密なものではなく、エンジンや触媒の種類や排出HCの目標レベル等によって若干変化するものである。

【0062】本発明の第1実施形態にかかる筒内噴射型内燃機関は、上述のように構成されているので、冷態始動時の運転は次のようにして行なわれる。まず、エンジン始動時、ECU20の運転モード選択手段24は、層状燃焼によるリーン運転を実現し燃費を向上させるための後期噴射モードを選択する。通常燃料噴射制御手段26は、運転モード選択手段24の選択に応じて、圧縮行程後半に主燃焼のための燃料噴射を行なわせるべくインジェクタ8に燃料噴射信号を入力する。

【0063】インジェクタ8は、燃料噴射信号が入力さ

れている間、燃焼室1内に主燃焼のための燃料を直接噴射する。インジェクタ8から直接噴射された燃料は、吸気ポート12から吸入された流入空気による縦渦流（逆タンプル流）により、燃焼室1の頂部中央に配設された点火プラグ7の近傍のみ集められる。そして、インジェクタ8からの燃料噴射が終了した圧縮行程末期において、点火時期制御手段28は点火プラグ7へ点火信号を入力し、点火プラグ7は燃焼室1内の混合気への点火を行なう。点火プラグ7により点火された燃焼室1内の混合気は安定した層状超リーン燃焼を行なう。この主燃焼により上昇した燃焼室1内圧力は、ピストン9を押し下げ、クランク軸よりエンジントルクとして出力される。

【0064】このとき、触媒温度センサ15で検出される排気浄化装置6内の温度（触媒温度） T_c が、所定温度 T_c よりも低い場合、追加燃料噴射制御手段27は、膨張行程中期付近でインジェクタ8へ追加燃料噴射信号を入力する。この追加燃料噴射信号をうけてインジェクタ8は燃焼室1内へ追加燃料を直接噴射する。インジェクタ8から燃焼室1内へ直接噴射された追加燃料は、点火プラグ7を再点火することなく膨張行程中の低温酸化反応により点火され、膨張行程後半から排気行程にかけて主燃焼に比べて比較的低温で燃焼し、燃焼室1内の温度を1000Kを上回った程度に上昇させる。

【0065】膨張行程が末期になったところで排気弁5を開き、燃焼室1内から排気ポート13へ高温の燃焼ガスを排出する。このとき、燃焼ガスの一部は排気弁5が開いた直後の狭い排気通路3をブローダウンガスとして高速で流れ出る際に消炎してしまい、燃え残った追加燃料はブローダウンガスとともに未燃HCとして排気ポート13へ排出される。

【0066】燃焼室1から排気ポート13へ排出されたブローダウンガスは、排気ポート13から排気マニホールド10へ流入し、排気干渉や排気脈動による差圧等によりブローダウンガスとともに排出された未燃HCは、失速して方向性を失い、様々な流れを形成したり旋回流を形成したりして容積部10A内に滞留する。容積部10Aには、続いて排出される同一気筒からの排ガスや合流部10bで合流した他気筒からの排ガスが連続して流入し、容積部10A内に滞留している未燃HCは、これらの排ガスと混合する。このとき、消炎せず膨張行程噴射時の追加燃料の一部がまだ燃焼を続けている排ガスもあり、このような燃焼している排ガスと混合することにより、容積部10A内に滞留している未燃HCは再び燃焼を始める。

【0067】さらに、未燃HCの再燃焼により容積部10A内が燃焼状態となつているところに続いて未燃HCが流入してくると、新たに流入した未燃HCも再燃焼する。そして、容積部10A内に流入してくる未燃HCは連鎖的に燃焼し、容積部10A内は常に燃焼状態に保たれる。これにより、排ガス中の未燃HCはほぼ燃焼しつ

くされるとともに、未燃HCの燃焼により排ガスの温度はさらに上昇する。

【0068】こうして、膨張行程噴射により昇温されて排出された排ガスが、排気マニホールド10内での未燃HCの再燃焼によりさらに昇温された上で、排気浄化装置6の触媒6A、6Bに供給され、触媒6A、6Bの中心温度を上昇させていく。そして、触媒温度センサ15が検出した排気浄化装置6内の温度（触媒温度） T_c が所定温度 T_c を上回ったとき、追加燃料噴射制御手段27は、触媒6A、6Bが活性化状態になったものと判断して膨張行程噴射を停止する。

【0069】このように、本筒内噴射型内燃機関によれば、触媒温度センサ15で検出される触媒6A、6Bの中心温度が活性化温度よりも低い場合は、追加燃料噴射制御手段27が、膨張行程中期において主燃焼のための燃料噴射とは別の追加の燃料噴射を行ない、主燃焼時の火炎伝播により追加の燃料を燃焼させるので、膨張行程において低下してきた燃焼ガスの温度を再び昇温することができ、この高温の燃焼ガスを触媒6A、6Bに供給して触媒6A、6Bの早期活性化を図ることができるという利点がある。

【0070】また、燃焼ガスの一部は、排気弁5が開いた直後の燃焼室1と排気ポート13との間の狭い排気通路3を、ブローダウンガスとして高速で流れ出る際に消炎してしまい、燃え残った追加燃料はブローダウンガスとともに未燃HCとして排出されてしまうが、排気マニホールド10には、流入した未燃HCを滞留させる容積部10Aがそなえられているので、滞留した未燃HCと燃焼を続けている排ガスをこの容積部10A内で混合させ、未燃HCを再燃焼させることができる。

【0071】この容積部10A内での未燃HCの再燃焼により、排ガス中の未燃HCの濃度を大幅に低減することができ、従来からの課題であった触媒6A、6Bが活性化状態になるまでの大気中への未燃HCの排出を大幅に低減することができるという利点がある。また、未燃HCのみならず、スートも高温の排ガスに取り込んで燃焼させることができるので、スートの発生も大幅に低減することができるという利点もある。

【0072】さらに、容積部10A内での未燃HCの再燃焼により、膨張行程中期における追加の燃料噴射により昇温された排ガスをさらに昇温させることができ、触媒6A、6Bの暖機を加速してさらに活性化を早めることができるという利点がある。これにより、熱的に厳しい排気マニホールド付近への触媒設置や高コストな電気加熱触媒は必要なく、従来の排気浄化装置（床下触媒）のみで対応することができるのである。

【0073】特に、本筒内噴射型内燃機関では、容積部10Aの容積をエンジン排気量の略0.5～1.0倍の範囲に設定しているので、冷態始動時において容積部10A内部に滞留する未燃HCと燃焼ガスを混合させ、

効率よく未燃HCを再燃焼させて未燃HCの排出を低減できるとともに、触媒温度の活性化温度以下への低下を防止することができ、これにより、冷態始動時から通常運転時にかけての全体としての未燃HCの排出を最小レベルまで低減することができるという利点もある。

【0074】また、本筒内噴射型内燃機関では、排気マニホールド10を表裏2つの部材を張り合わせて形成されるクラムシェル型とし、その合流部分を容積部10Aとしているので、容易かつ低コストで上記の効果を得ることができるという利点もある。

【0075】ところで、図4、図1に示す排気マニホールド10の形状は、あくまでも一例であり、排気ポート13から流入してきた排ガスが流れを乱して容積部10A内で滞留するような構成であればよい。したがって、例えば以下に説明する第2実施形態や第3実施形態にかかる筒内噴射型内燃機関の排気マニホールドのように構成することも可能である。

【0076】まず、本発明の第2実施形態にかかる筒内噴射型内燃機関の排気マニホールドの構成について説明すると、図12(a)、(b)に示すように、排気マニホールド30は、容積部30Aの形状を円筒型にしたものであり、その円筒型の容積部30Aの側面中央に合流開始部30bが接続するような形状となっている。このような形状により、容積部30A内に流入した排ガスは、合流開始部30bから容積部30Aの直径方向に流れた後、合流開始部30bと反対側の内側面に衝突するようになっている。そして、容積部30Aの内側面に衝突した排ガスは、容積部30Aの上側を旋回しながら筒長方向に拡散していく流れや下側を旋回しながら筒長方向に拡散していくような流れを形成し、容積部30A内に滞留するようになっている。なお、容積部30Aの容積は、第1実施形態と同様にエンジン排気量の略0.5～1.0倍に設定することが望ましい。

【0077】本発明の第2実施形態にかかる筒内噴射型内燃機関の排気マニホールドは、上述のように構成されているので、各気筒の排気ポート13から排気マニホールド30の容積部30A内に流入したブローダウンガスは、合流開始部30bから容積部30Aの直径方向に流れた後、合流開始部30bと反対側の内側面に垂直に衝突する。この衝突によりブローダウンガスとともに排出された未燃HCは、失速して方向性を失い、容積部30Aの上側を旋回しながら筒長方向に拡散していく流れや下側を旋回しながら筒長方向に拡散していくような流れを形成し、容積部30A内に滞留する。

【0078】これにより、第1実施形態の排気マニホールド10と同様に、容積部30A内に滞留した未燃HCと燃焼を続けている排ガスを混合させ、未燃HCを再燃焼させることができる。さらに、容積部30A内に流入したブローダウンガスは内側面に垂直に衝突するので、未燃HCの失速度が大きく容積部30A内に滞留し

やすく、また、容積部 30A は第 1 実施形態の排気マニホールド 10 の容積部 10A よりも大容量なので、未燃 HC がブローダウンガスとともに排気マニホールド 30 内を吹き抜けてしまうことを抑制することができるという利点がある。

【0079】次に、本発明の第 3 実施形態にかかる筒内噴射型内燃機関の排気マニホールドの構成について説明すると、図 13 (a), (b) に示すように、排気マニホールド 40 は、第 2 実施形態の排気マニホールド 30 と同様に容積部 40A の形状を円筒型にしたものであり、その円筒型の容積部 40A の側面上部に合流開始部 40b が接続するような構成となっている。このため、容積部 40A 内に流入した排ガスは、容積部 40A の内側面に沿って円周方向に旋回しながら、円筒の筒長方向に拡散していくような流れを形成し、容積部 40A 内に滞留するようになっている。なお、容積部 40A の容積は、第 1 実施形態と同様にエンジン排気量の 0.5 ~ 1.0 倍に設定することが望ましい。

【0080】本発明の第 3 実施形態にかかる筒内噴射型内燃機関の排気マニホールドは、上述のように構成されているので、各気筒の排気ポート 13 から排気マニホールド 40 の容積部 40A 内に流入したブローダウンガスは、容積部 40A の内側面に沿って円周方向に旋回しながら、円筒の筒長方向に拡散していくような流れを形成し、ブローダウンガスとともに排出された未燃 HC は容積部 40A 内に滞留する。

【0081】これにより、第 1 実施形態の排気マニホールド 10 や第 2 実施形態の排気マニホールド 30 と同様に、容積部 40A 内に滞留した未燃 HC と燃焼を続けている排ガスを混合させ、未燃 HC を再燃焼させることができる。さらに、容積部 40A 内の未燃 HC は、内側面に沿った円周方向の旋回流を形成するので、容積部 40A 内に均等に滞留し、より効率的に燃焼を続けている排ガスとの混合が行われるという利点がある。

【0082】さらに、以下に説明する第 4 実施形態のように、排気マニホールドを従来のパイプ連結型マニホールドとこの下流に接続した合流部とから構成して、接続した合流部内にフロント触媒を設け、合流部内のフロント触媒よりも上流側に容積部を設けるようにしてもよい。本発明の第 4 実施形態にかかる筒内噴射型内燃機関の構成について説明すると、図 14 (a), (b) に示すように、本筒内噴射型内燃機関では、排気マニホールド本体 (パイプ連結型マニホールド) 45 の下流には中間部を拡張させた合流部 46 が設けられ、これらの排気マニホールド本体 45、合流部 46 から排気マニホールド 47 が構成されている。そして、合流部 46 内には、FCC (フロント触媒) 48 が設けられており、合流部 46 内のこの FCC 48 の上流側は、容積を拡張された容積部 46A として形成されている。そして、この容積部 46A 内にて未燃 HC を再燃焼させるようになってい

る。

【0083】このように FCC 48 の直前で未燃 HC を再燃焼させることにより、再燃焼した排ガスが触媒に到達するまでの外部への放熱による熱エネルギーのロスを低減し、より多くの熱エネルギーを FCC 48 の昇温に用いることができるようになる。その結果、再燃焼による未燃 HC の低減とともに、FCC 48 の早期活性化が可能になるという利点がある。

【0084】なお、排気浄化装置 (床下触媒) の構成としては、図 2 に示したような、前方に NO_x 触媒 6A を配置し、後方に三元触媒 6B を配置する構成に限定されず、例えば、NO_x 触媒の NO_x の吸着、放出特性に応じて、図 11 (a) に示すように、NO_x 触媒の機能と三元触媒の機能とを含む触媒を一つ配置する構成や、図 11 (c) に示すように、前方に三元触媒を配置し、後方に NO_x 触媒を配置する構成や、さらに、図 11

(d) に示すように、NO_x 触媒を挟んで前後に三元触媒を配置するような構成でもよい。なお、図 11 (b) に示す構成は図 2 に示したものと同一である。

【0085】また、第 1 ~ 第 3 実施形態にかかる筒内噴射型内燃機関についても、第 4 実施形態と同様に排気マニホールドの下流にフロント触媒を設けてもよい。例えば、図 15 は、第 1 実施形態の排気マニホールド 10 の排気マニホールド 10c に FCC (フロント触媒) 48 を連設したものである。ここでは、合流完了部 10d から排気マニホールド 10c までの距離 (集合部分 10C の長さ) を短くして (図 15 では略 0 としている)、排気マニホールド 10 の容積部 10A と FCC 48 の上流側の容積部 46A とで一つの容積部を形成するようになっている。この場合、排気マニホールド 10 内での混合を促進し、反応のための滞留時間が得られるため、未燃 HC の低減と FCC 48 の早期活性化が可能になるという利点がある。

【0086】また、本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができることは言うまでもない。例えば、本実施形態では直列 4 気筒エンジンの場合について述べてきたが、他の多気筒エンジンでももちろん可能であり、例えば、V 型エンジン (例えば V 型 6 気筒) の場合は、片バンク (V 型 6 気筒ならそのうちの 3 気筒) 毎に、上述のような容積部を有した排気マニホールドをそなえるようにすればよい。

【0087】なお、容積部の容積の設定基準となるエンジン排気量は、各排気マニホールドが分担する気筒の排気量の和であり、直列 4 気筒エンジンのように排気マニホールドが一つの場合には全気筒の排気量の和であるが、V 型 6 気筒エンジンのように排気マニホールドが片バンクずつ設けられている場合には、片バンクの気筒の排気量の和 (3 気筒分の排気量の和) となる。

【0088】

【発明の効果】以上詳述したように、請求項 1 記載の本発明の筒内噴射型内燃機関によれば、膨張行程中に噴射される追加燃料が再燃焼することで高温の排ガスを触媒へ供給することができる。

【0089】さらに、排気マニホールドにおいて、高温の排ガスを容積部に滞留させることで、排ガスとともに流入した未燃HCを再燃焼させることができ、触媒が活性化状態になるまでの大気中への未燃HCの排出を大幅に低減することができる。さらに、容積部内での未燃HCの再燃焼により、膨張行程中の追加燃料の噴射により昇温された排ガスをさらに昇温させることができ、触媒の昇温を早めることもできる。

【0090】請求項 2 記載の本発明の筒内噴射型内燃機関によれば、追加燃料のエネルギーの一部が筒内圧上昇のために使われることがなく、好適に排気昇温を図ることができ、未燃HCの排出をより抑制することが可能となる。請求項 3 記載の本発明の筒内噴射型内燃機関によれば、排気マニホールドの容積部の全容積を内燃機関の排気量の略 0.5 ~ 1.0 倍の範囲に設定しているので、効率よく未燃HCを再燃焼させて未燃HCの排出を低減できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 実施形態にかかる筒内噴射型内燃機関の排気マニホールド内の排ガスの流れを示す模式図であり、(a) は側面から見た排ガスの流れを示す図、(b) は正面から見た排ガスの流れを示す図である。

【図 2】本発明の第 1 実施形態にかかる筒内噴射型内燃機関の構成を制御系統とともに示す模式図である。

【図 3】本発明の第 1 実施形態にかかる筒内噴射型内燃機関の点火信号、燃料噴射信号のタイミングとそれに伴う筒内温度、筒内圧力の変化をピストン位置との関係で示す図である。

【図 4】本発明の第 1 実施形態にかかる筒内噴射型内燃機関の排気マニホールドの構成を示す模式図であり、(a) は側面から見た図、(b) は正面から見た図である。

【図 5】本発明の第 1 実施形態にかかる筒内噴射型内燃機関の点火信号、燃料噴射信号のタイミングとそれに伴う未燃HC濃度、筒内圧力の変化をクランク角との関係で示す図である。

【図 6】本発明の第 1 実施形態にかかる筒内噴射型内燃機関の冷態始動時の触媒中心温度、未燃HC濃度の時間変化を示す図である。

【図 7】本発明の第 1 実施形態にかかる筒内噴射型内燃機関の冷態始動時の触媒中心温度、未燃HCの積算排出量の時間変化と排気マニホールドの容積部の容積との関係を示す図である。

【図 8】本発明の第 1 実施形態にかかる冷態始動から車速を所定のモードで変化させた場合の筒内噴射型内燃機関の未燃HCの積算排出量の時間変化と排気マニホールド

の容積部の容積との関係を示す図である。

【図 9】本発明の第 1 実施形態にかかる筒内噴射型内燃機関の未燃HCの積算排出量と排気マニホールドの容積部の容積の大きさ α (α = 容積部容積 / エンジン排気量) との関係を示す図である。

【図 10】本発明の第 1 実施形態にかかる筒内噴射型内燃機関の排気マニホールドの容積部について説明するための図であり、(a) は上面図、(b) は正面図、(c) は側面図である。

【図 11】本発明の第 1 実施形態にかかる筒内噴射型内燃機関の触媒の配置例を示す図であり、(a) は三元機能付きNOx 触媒を配置した図、(b) はNOx 触媒の下流側に三元触媒を配置した図、(c) はNOx 触媒の上流側に三元触媒を配置した図、(d) はNOx 触媒の上流、下流それぞれに三元触媒を配置した図である。

【図 12】本発明の第 2 実施形態にかかる筒内噴射型内燃機関の排気マニホールド内の排ガスの流れを示す模式図であり、(a) は側面から見た排ガスの流れを示す図、(b) は正面から見た排ガスの流れを示す図である。

【図 13】本発明の第 3 実施形態にかかる筒内噴射型内燃機関の排気マニホールド内の排ガスの流れを示す模式図であり、(a) は側面から見た排ガスの流れを示す図、(b) は正面から見た排ガスの流れを示す図である。

【図 14】本発明の第 4 実施形態にかかる筒内噴射型内燃機関の排気マニホールドの構成を示す模式図であり、(a) は正面から見た図、(b) は (a) の A-A 矢視断面図である。

【図 15】本発明の第 1 実施形態にかかる筒内噴射型内燃機関の排気マニホールドの変形例を示す模式図であり、(a) は正面から見た図、(b) は (a) の A'-A' 矢視断面図である。

【図 16】燃焼室から流出する排ガスの流速と、発生する未燃HC濃度とをクランク角との関係で示す図である。

【図 17】従来の筒内噴射型内燃機関の排気マニホールドの構成を示す模式図であり、(a) は側面から見た図、(b) は正面から見た図である。

【図 18】従来の筒内噴射型内燃機関の点火信号、燃料噴射信号のタイミングとそれに伴う未燃HC濃度、筒内圧力の変化をクランク角との関係で示す図である。

【図 19】従来の筒内噴射型内燃機関の冷態始動時の触媒中心温度、未燃HC濃度の時間変化を示す図である。

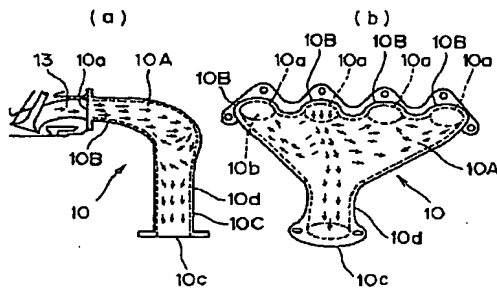
【符号の説明】

- 1 燃焼室
- 3 排気通路
- 6 排気浄化装置
- 6A NOx 触媒 (触媒)
- 6B 三元触媒 (触媒)

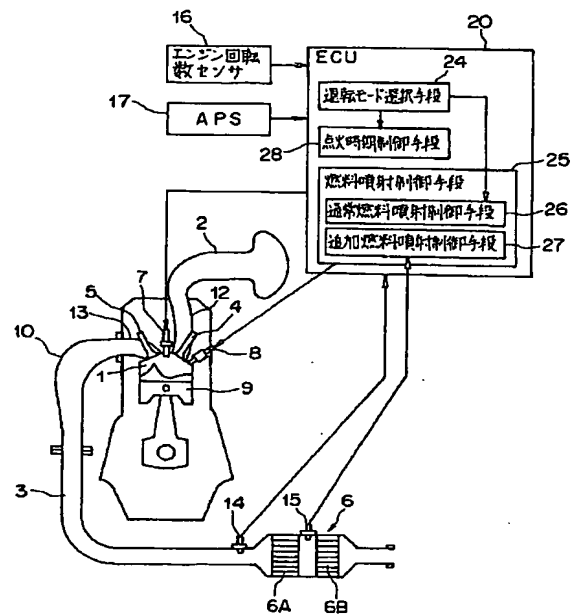
- 7 点火プラグ
- 8 インジェクション（燃料噴射弁）
- 10, 30, 40 排気マニホールド（容積型マニホールド）
- 45 排気マニホールド本体（パイプ連結型マニホールド）
- 47 排気マニホールド
- 48 FCC（フロント触媒）

- 10A, 30A, 40A, 46A 容積部
- 13 排気ポート
- 15 触媒温度センサ
- 20 ECU
- 25 燃料噴射制御手段
- 26 通常燃料噴射制御手段（主噴射制御手段）
- 27 追加燃料噴射制御手段
- 28 点火時期制御手段

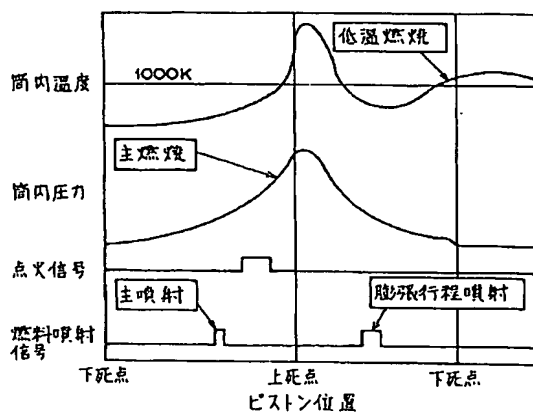
【図 1】



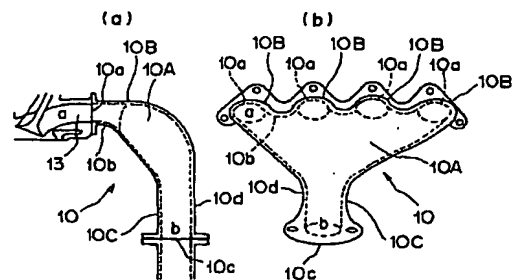
【図 2】



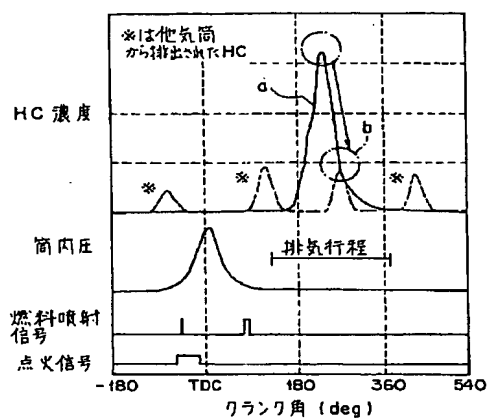
【図 3】



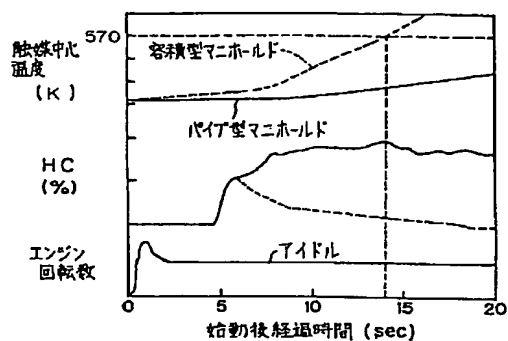
【図 4】



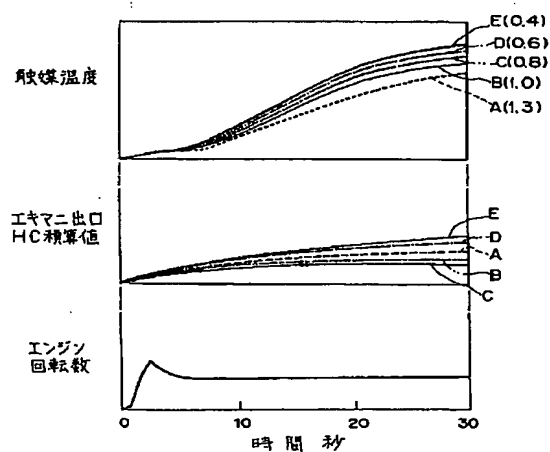
【図 5】



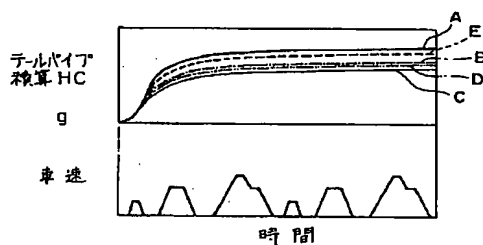
【図 6】



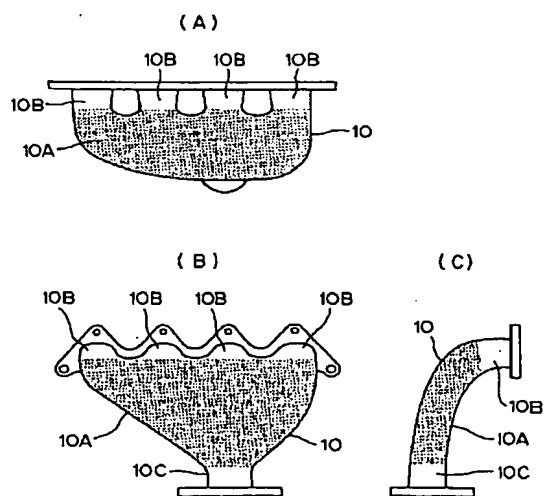
【図 7】



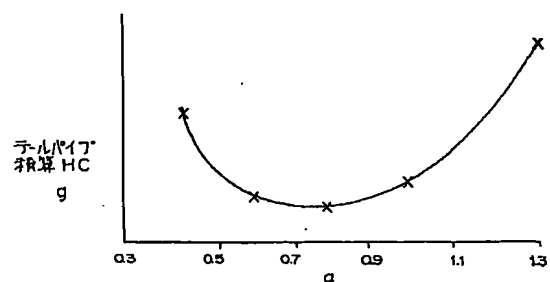
【図 8】



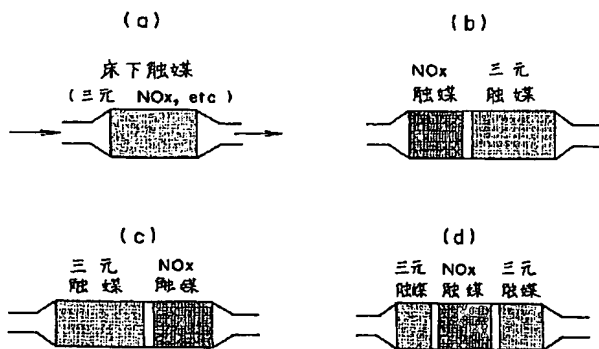
【図 10】



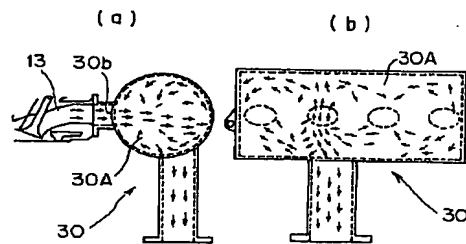
【図 9】



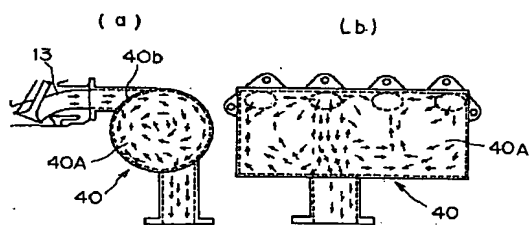
【図 11】



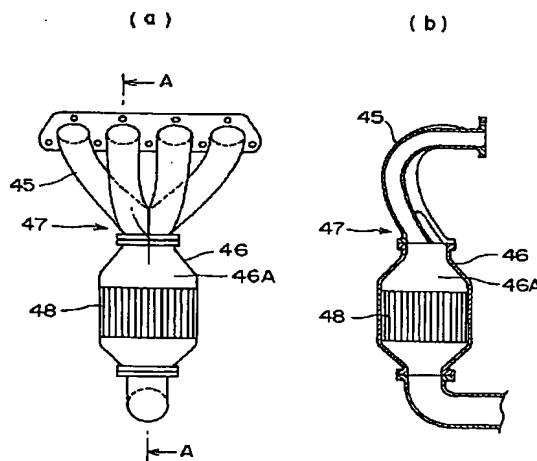
【図 12】



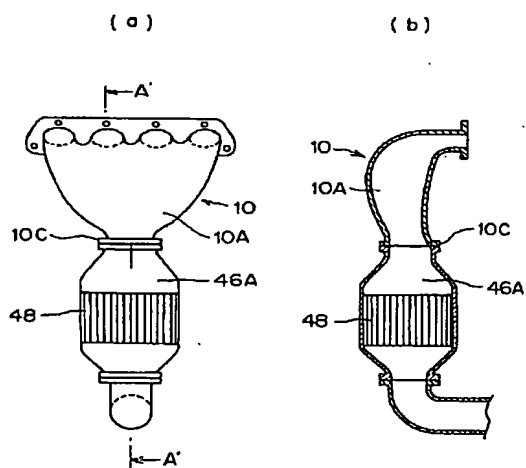
【図 13】



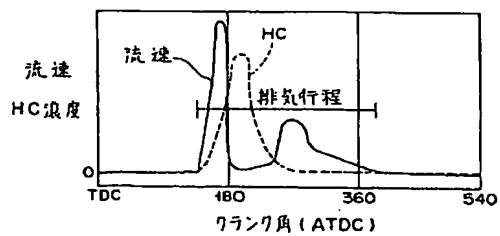
【図 14】



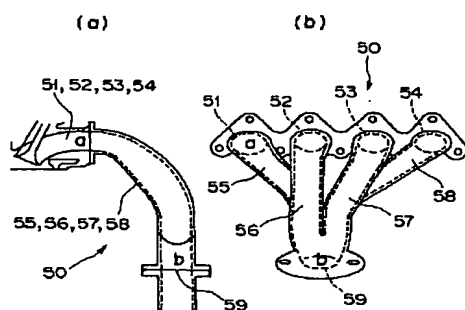
【図 15】



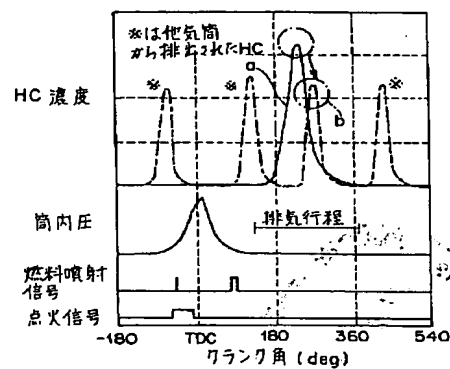
【図 16】



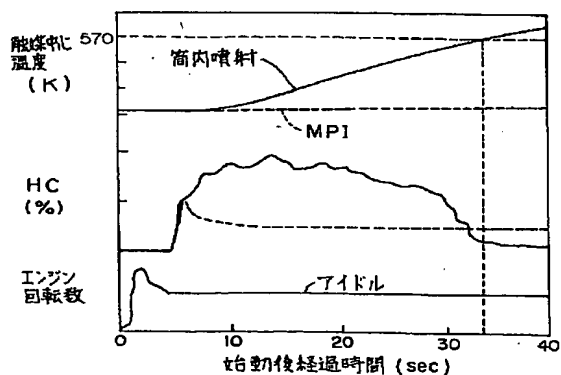
【図 17】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶ 識別記号

F 0 2 D 41/02

3 2 5

41/34

F 0 2 M 45/02

Z A B

F I

F 0 2 D 41/02

3 2 5 A

41/34

H

F 0 2 M 45/02

Z A B

(72) 発明者 中根 一芳

東京都港区芝五丁目33番8号 三菱自動車
工業株式会社内

(72) 発明者 佐藤 広信

東京都港区芝五丁目33番8号 三菱自動車
工業株式会社内

40 (72) 発明者 竹村 純

東京都港区芝五丁目33番8号 三菱自動車
工業株式会社内

(72) 発明者 安東 弘光

東京都港区芝五丁目33番8号 三菱自動車
工業株式会社内

45

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.